



⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑩ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 196 05 650 A 1

⑩ Int. Cl. 6:  
A 23 L 3/01  
A 23 L 3/3418

DE 196 05 650 A 1

⑩ Aktenzeichen: 196 05 650.0  
⑩ Anmeldetag: 15. 2. 96  
⑩ Offenlegungstag: 26. 6. 97

⑩ Innere Priorität: ⑩ ⑩ ⑩  
19.12.85 DE 195474473

⑩ Erfinder:  
gleich Anmelder

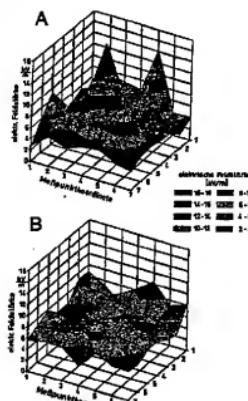
⑩ Anmelder:  
Lücke, Wolfgang, Prof. Dr., 37075 Göttingen, DE;  
Hörsten, Dieter von, 37075 Göttingen, DE

⑩ Vertreter:  
Reif M. Kern und Partner, 80888 München

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑩ Verfahren zur Behandlung von biologischen Stoffen mittels Mikrowelle

⑩ Verfahren zur Extraktion von Inhaltsstoffen aus biologischen Materialien sowie zur Behandlung von Saat- und Vermehrungsgut zur Abtötung von dem Gut schädlichen Keimen mit elektromagnetischer Schwingungsenergie im Frequenzbereich von Mikrowellen in Kombination mit der gleichzeitigen Anwesenheit von Wasserdampf oder Wasserdampfnebel im Behandlungsbereich, und zwar unter Vergrößerung des Energiefeldes der elektromagnetischen bzw. Mikrowellenschwingungen, wobei die Kühlgrenztemperatur des Gutes in der bestehenden Atmosphäre nicht wesentlich unterschritten und vorzugsweise dicht oberhalb den Zustand einer ersten im Ansatz beginnenden Entzündung von Kondensationseffekten eingependelt wird.



DE 196 05 650 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 04.97 702 026/609

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Extraktion von Inhaltsstoffen aus biologischen Materialien sowie zur Behandlung von Saat- und Vermehrungsgut.

Die Extraktion von Inhaltsstoffen aus biologischen Materialien bzw. Stoffen sowie die Behandlung von Saatgut und allgemeinem Vermehrungsgut zu dessen Befreiung von schädlichen Keimen, wie Pilzbefall, Viren, Bakterien, auch Eiweiß zum Schutz während der Lagerung und bis zum Auskeimen nach der Aussaat bzw. nach der Auspflanzung ist ein traditionell wichtiges Thema, zu dem einerseits chemische und andererseits verschiedene physikalische Maßnahmen herangezogen wurden.

Bei der Behandlung von Saatgut wurden wegen der insbesondere: toxischen Auswirkungen der chemischen Maßnahmen verstärkt die physikalischen Maßnahmen, wie z. B. die Heißwasserbeizung, die Heißluftbehandlung, die Anwendung von  $\gamma$ - und  $\beta$ -Strahlung, die elektrische Hochspannungsentladung und der Einsatz von Mikrowellenenergie eingesetzt.

Sämtliche Methoden unterliegen jedoch mehr oder weniger großen Nachteilen, auch wirtschaftlichen Nachteilen wegen zu hohem technischem Aufwand.

Die Behandlung biologischer Stoffe wie Pflanzen, Lebensmittel auch Abfallstoffe mittels elektromagnetischen Schwingungen im Frequenzbereich von sogenannten Mikrowellen zur Entkeimung und zum Materialaufschluß ist bekannt.

Die Erfahrungen der Saatgutbehandlung mit dem Einsatz der Mikrowellentechnik führten jedoch zu der Erkenntnis, daß mit steigender Mikrowellenleistung und zunehmender Behandlungsdauer zwar eine verbesserte Abtötung der Schadenerreger erzielt wird, daß aber eine vollständige Abtötung der schädlichen Erreger nicht ohne gleichzeitige Schädigung der Keimfähigkeit und der Vitalität des Vermehrungsguts zu erreichen war.

Dabei werden aber nicht nur die Zellverbände der zu zerstörenden Keime wie Pilze, Bakterien, Viren und die Moleküle von höheren Proteinstrukturen abgetötet bzw. zerstört, sondern auch ebenso alle anderen Nahrungsmittel-Zell- und -Eiweißstrukturen, zumindest alle übrigen dabei mit beeinflußten biologischen Zellen bzw. Zellverbänden.

Nach diesem Stand der Technik ist bei einer Behandlung von Saat- und Pflanzgut zwecks Entkeimung durch Mikrowelle stets zumindest eine wesentliche Schädigung der Wachstums- bzw. Keimfähigkeit und Vitalität des Saat- und Vermehrungs- und Pflanzguts bzw. dessen Keimlingszellen zu erwarten.

Aufgabe der Erfindung ist es jedoch, Pflanz-, bzw. Saat- und Vermehrungsgut sowie generell zur Fortpflanzung bestimmtes Vermehrungsgut einerseits durch Behandlung mit elektromagnetischen Wellen in der Art von Mikrowellen von unerwünschten schädigenden Keimen im wesentlichen bzw. wenigstens soweit zu befreien, daß andererseits das Gut mit seinen Wachstumskeimlingen bzw. -zellen jedoch in seiner Keimungsvitalität nicht bzw. nicht entscheidend geschädigt wird, so daß seine Vermehrungsfähigkeit und Vitalität auch bei gegebenenfalls zwischenzeitlicher Lagerungsmöglichkeit optimal günstig erhalten bleibt. Andererseits soll ganz generell auch eine optimal schonende Aufschlußmöglichkeit für biologische Materialien bzw. Erntestoffe geschaffen werden, wobei eine Entzündung der insbesondere wertbestimmenden Inhaltsstoffe, wie z. B. ätherische Öle und Wirkstoffe aus den biologischen Mate-

rialien in maximal schonender, aber weitgehend vollständiger Form ermöglicht wird.

Demgemäß besteht die Erfindung in einem Optimierungsverfahren zur Extraktion von Inhaltsstoffen aus biologischen Materialien sowie- zur Behandlung von Saat- und Vermehrungsgut zur Abtötung von dem Gut schädlichen Keimen mit elektromagnetischer Schwingungsenergie im Frequenzbereich von Mikrowellen in Kombination mit der gleichzeitigen Anwesenheit von 5 Wasser dampf oder Wasserdampfnebel im Behandlungsbereich, und zwar unter Vergleichsmäßigung des Energiefeldes der elektromagnetischen bzw. Mikrowelenschwingungen.

Damit werden schädigende Überhitzungen und nicht ausreichend erwärmte Bereiche, insbesondere auch eng begrenzte oder exponierte bzw. verdeckte Bereiche im Behandlungsgut unter weit gleichmäßigeren Bedingungen und damit schonender behandelt. Gerade bei der Anwendung von Mikrowellen bilden sich innerhalb der 10 Stoffe, z. B. bei einem Saatgut, andere dielektrisch bestimmte Temperaturbereiche als durch Wärmeübertragung von der Oberfläche aus, deren Verlaufes abzustimmen gilt.

Dabei wird erfindungsgemäß die Vergleichsmäßigung 15 durch Kondensationseinwirkung auf ungleichmäßige und eine optimale enge Verteilungstreue überschreitender Feuchtigkeitsbereiche gesteuert.

Dabei erfolgt eine Feuchtigkeitsregulierung durch 20 Kondensationsaustausch an möglichst großflächigen Kondensationskörpern, mit deren Temperatur das Wärmetausch-Kühlmediums eine feinstimmige Taupunktsteuerung und flächige Feuchtigkeitsregelung im Behandlungsräum erfolgen kann.

Erfindungsgemäß kann diese vergleichmäßigte 25 Feuchtigkeitsverteilung auch durch Feuchtigkeits-Prozessierung der Behandlungsluft bzw. eines anderen Behandlungsgases in einem abgezweigten Kreislauf, d. h. in geschlossener Atmosphäre erfolgen.

Es erfolgt eine Flüssigkeitsabscheidung aus dem geschlossenen Behandlungsräum ohne jede Belüftung, 30 z. B. über ein Ventil oder geeigneten Kondensator.

Dies wird zur Vermeidung der Schildigung von Keimen bei Saatgut, aber auch zur Extraktion von Inhaltsstoffen aus biologischem Material bei möglichst niedriger Temperatur erfindungsgemäß dann erreicht, wenn die Kühlgrenztemperatur des Gutes in der bestehenden Atmosphäre nicht wesentlich unterschritten und vorzugsweise nicht oberhalb den Zustand einer ersten im Anfang beginnenden Entstehung von Kondensationsfehlern eingependelt wird.

Die Erzielung einer optimalen Temperaturverteilung zwischen dem Inneren des biologischen Materials und dessen Außenseite wird an einem Saatgut deutlich, bei dem der innerliegende Keim optimal zu schützen ist, während die schädlichen Pilz- und Mikroorganismen 35 spuren abzutoten sind.

Ergänzend kommen zugegebene wärmige Systeme mit Additiven, insbesondere zur Verbesserung der Vergleichsmäßigung des Energiefelds, in Frage.

Weitere Vorteile und zusätzliche Anpassungsmöglichkeiten an die verschiedensten Eigenschaften von biologischen Materialien sowie Vitalitätseigenschaften unterschiedlicher Keime ergeben sich aus den Merkmale 40 der Unteransprüche 5 bis 11.

Die mit dem erfindungsgemäßen Behandlungsverfahren entgegen gegebener Erfahrungen im Stand der Technik erzielten unerwartet günstigen Ergebnisse, nämlich eine praktisch vollständige Keimabtötung, z. B.

bei Saatgut, in nur wenigen Minuten, bei trotzdem vollständig ungeschädigtem Erhalt der ursprünglichen Keimfähigkeit und voll erhaltenem Vitalität war umso überraschender, als die Letaltemperatur der Pathogene und des Keimlings sehr nahe beieinander liegen.

Mit der erfundungsgemäßen Verfahrenskombination wird das für die Pilzabtötung notwendige Wasser in Form von Wasserdampf oder Wassernebel bzw. ein wäbrigem Medium, d. h. auch unter Verwendung geeigneter Additive verschiedener Art (z. B. Kochsalz oder Emulgate) zugeführt, während durch die Mikrowellenbehandlung keine weitere Befeuchtung des Produkts, sondern eher eine Verdunstung bzw. Abtrocknung niedergeschlagener Feuchtigkeit begünstigt wird, so daß sich ein Feuchtigkeitsgleichgewicht ergibt. Die Additive können beispielsweise zur Verbesserung bzw. Veränderung der dielektrischen Eigenschaften des Systems dienen.

Mit dem erfundungsgemäßen Verfahren erfolgt innerhalb der praktisch nicht-dielelektrischen Wasserdampf- oder Wassernebel-Atmosphäre eine Vergleichsmäßigung des Mikrowellenfeldes und damit der Homogenisierung der Wirkungsverteilung, während bei Anwesenheit eines Dielektrikums, wie z. B. Wasser, eine ungleichmäßige Feldverteilung vorliegt und damit eine ungleichmäßige Erwärmung und Durchtrocknung, d. h. ein nur ungleichmäßiger Behandlungserfolg erreicht wird.

je nach Feuchtigkeitszustand des zu behandelnden Gutes kann der Wasserdampf bzw. Wassernebel der Behandlungsatmosphäre entweder fremd zugeleitet (insbesondere bei trockenem Gut), oder Wasser vom Gut d. h. produkteigenes Wasser erwärmt und zur Bildung einer Wasserdampfatmosphäre verdunstet oder verdampft werden.

Die Feldinhomogenität des Mikrowellenfeldes wird bei Anwesenheit von Wasserdampf bzw. Wassernebel durch Diffusion und Reflexionen vergleichmäßigt, wobei apparative Geometrien und Merkmale positiv oder negativ mitwirken können.

Insbesondere führt das hohe Wärmeleitvermögen des Dampfs in der Grenzschicht des Produkts dazu, daß infolge inhomogener Feldverteilung auftretende sogenannte "Hot-Spots" ihre Wärme schneller in Richtung kühlerer Pflanzenteile abgeben können, die dadurch schneller erwärmt werden. Zur Vergleichsmäßigung ist die Temperatur des Gutes durch die Mikrowellenenergie so hoch zu halten, daß die Kühlgrenztemperatur in der bestehenden Atmosphäre möglichst nicht unterschritten wird, so daß kaum Kondensationseffekte auftreten. Ausgeschlossen werden muß dieser Effekt der Kondensation jedoch nicht. Gleichzeitig sorgt der in der Grenzschicht befindliche Dampf (es findet keine oder nur minimale Belüftung, sondern eine Beeinflussung der Feuchtigkeitsverteilung bzw. der Energieverteilung über Kondensationssteuerung statt) für eine langfristige Aufrechterhaltung der Wärmeleitung als maßgeblicher Komponente für einen effizienten Behandlungs- und Trocknungsprozeß in der Grenzschicht des Behandlungsgutes.

Mit der erfundungsgemäßen Mikrowellen-Dampf-Behandlung werden gegenüber konventionellen Verfahren erheblich kürzere Behandlungszeiten bei nur geringfügig höheren Temperaturen benötigt.

Aufgrund der beschriebenen Feldvergleichsmäßigung läßt sich mit Hilfe dieser kombinierten Applikation eine sehr viel effizientere Entkeimung von pflanzlichen oder tierischen Materialien durchführen. Dies ist darauf zurückzuführen, daß bei inhomogener Feldstärke die Min-

destfeldstärke zur Erreichung eines ausreichenden Entkeimungserfolges immer so gewählt werden muß, daß jede Stelle des Behandlungsgutes ausreichend entkeimt wird. Bei inhomogener Feldverteilung führt dies zwangsläufig zu Beaufschlagung anderer Teile mit einer sehr viel höheren und in Bezug auf den Erhalt wertbestimmender Inhaltsstoffe zu hohen Dosis. Eine Vergleichsmäßigung des Feldes läßt daher eine Absenkung der Gesamtdosis auf das nötige Wirkniveau zu und beugt der Gefahr der thermischen Überbeanspruchung anderer Teile vor, so daß insgesamt ein schonender Behandlungsprozeß ergibt. Da die Entkeimung pflanzlicher oder tierischer Produkte besonders stark vom Wassergehalt des Materials beeinflußt wird, gewährleistet eine Applikation von Wasserdampf während der Mikrowellenbehandlung eine ausreichend hohe Wasserkaktivität in dem für den Behandlungsprozeß bedeutsamen Bereich der Produkte, so daß es zu einer verbesserten Entkeimung kommt bzw. durch die gleichzeitige Dampfapplikation bei trockenen Produkten die Entkeimungswirkung überhaupt erst möglich wird. Dabei sollte eine Belüftung insbesondere bei sehr trockenen Produkten unterbunden werden und gleichzeitig die Produkttemperatur zur Vermeidung von Kondensation und einer damit einhergehenden Befeuchtung von wasserempfindlichen Produkten über der in dieser Atmosphäre gültigen Taupunktemperatur erreicht werden.

Die Erfindung umfaßt also die gleichzeitige bzw. kombinierte Applikation von Wasserdampf und Nebel unterschiedlicher Konzentration, Masse und Temperatur mit einer bestehenden und gerade sich im Ablauf befindenden Applikation von Mikrowellenenergie unterschiedlicher Leistung in Stationär-, Durchlauf- sowie Hybridanlagen im Puls- und Dauerbetrieb.

Aus der Umgebung des Behandlungsräums können Wärmestrahlungsverluste beeinflußt werden.

Überraschenderweise ermöglicht das erfundungsgemäße Verfahren zudem eine bewußte begrenzte bzw. kontrollierte Beeinträchtigung der Keimfähigkeit und der Triebkraft oder Vitalität des Saat- und Vermehrungsgutes ohne diese Eigenschaften gänzlich zu beeinträchtigen. Damit wird in dem auf diese Weise homogen behandelten Saat- und Vermehrungsgut bewußt ein Stress induziert, der für Qualitätsuntersuchungen an dem behandelten Gut auf seine Beständigkeit bzw. Widerstandsfähigkeit seiner Keimfähigkeit und/oder Vitalität eine entscheidende Bedeutung haben kann. Auch für diese Verwendung des erfundungsgemäßen Verfahrens kommt es auf eine optimale Feldinhomogenität an, damit nicht Teile oder spezielle Bereiche des Saat- und Vermehrungsgutes zerstört werden.

Die Erfindung ist nachstehend in Form von Versuchsdaten und Verfahrensparametern zur Abtötung von Fusarium culmorum in Weizensaatgut mit Mikrowellenenergie näher beschrieben:

Die Grundlagen für das Abtöten eines wirtschaftlich bedeutungsvollen, chemisch schwer bekämpfaren Pilzes mit Mikrowellenenergie sind am Beispiel von Fusarium culmorum in Weizensaatgut ermittelt worden. Die Versuche sind mit einer im Impuls- und Dauerbetrieb stufenlos regelbaren, meßtechnisch vollständig ausgestatteten, stationären Versuchsanlage durchgeführt worden. Die Wirkung verschiedener Versuchsparameter auf den Abtötungserfolg des Pilzes und die Keimfähigkeit wurden eingehend untersucht.

Der Einsatz von Mikrowellenenergie ermöglicht eine schnelle Erwärmung des Produktes, da die Energie auch im Inneren freigesetzt wird. Die alleinige Mikrowellen-

behandlung von Saatgut führt jedoch zu einer Pilzabtötung nur bei gleichzeitiger Schädigung des Keimlings, da eine Austrocknung des Produktes die Letaltemperatur erhöht und deshalb ein unnötig hoher Energieverbrauch erfolgt.

Eine kombinierte Mikrowellen- und Dampfbehandlung ermöglicht eine vollständige Pilzabtötung bei Erhalt der Keimfähigkeit und Vitalität. Durch die Dampzfzufuhr wird bis zum Erreichen der Letaltemperatur des Erregers eine Trocknung des Produktes vermieden. Im Gegensatz zur ausschließlichen Dampfbehandlung erfolgt jedoch keine starke Befeuchtung des Saatgutes, so daß eine ergänzende Trocknung nicht notwendig ist. Die vollständige Pilzabtötung ohne Schädigung des Embryos wird bereits nach einer Behandlungsdauer von 3 min bei Temperaturen von 70 bis 75°C und einer Kornfeuchte von 15% erreicht; dies stellt gegenüber den konventionellen thermischen Verfahren einen erheblichen Vorteil dar.

Dabei ist zu beachten, daß die Abtötung von Pilz und Keimling einem Temperatur-Zeit-Verhalten unterliegt, das vom Feuchtegehalt des Saatgutes abhängig ist. Zunehmende Temperaturen und Behandlungszeiten führen zu einer erhöhten Abtötungsrate des Erregers, wobei aber gleichzeitig die Gefahr einer Schädigung des Embryos steigt. Mit der kombinierten Mikrowellen-Dampf-Behandlung ist ein positives Versuchsergebnis auch bei der Verwendung von sehr trockenem Saatgut mit einem Wassergehalt von nur 12 bis 15% erreicht worden. Die Mikrowellen-Dampf-Behandlung stellt ein interessantes "Beizverfahren" dar, da bei Verwendung von kontinuierlich arbeitenden Anlagen mit kurzen Behandlungszeiten ein hoher Massendurchsatz erzielt werden kann. Hierbei ist die Anwendung nicht nur auf Saatgut beschränkt, sondern auch andere empfindliche Produkte wie Nahrungsgüter, Lebens- und Arzneimittel sowie Gewürze können durch diese Methode sehr schonend hygienisiert werden.

Durch eine kombinierte Mikrowellen-Dampf-Behandlung wird bei Oberflächentemperaturen des Saatgutes von 70 bis 75°C und einer Kornfeuchte von 15% eine vollständige Pilzabtötung ohne Schädigung der Keimfähigkeit erreicht. Hierfür reichen im Vergleich zu konventionellen Verfahren sehr kurze Behandlungszeiten von 3 min aus. Auch die Behandlung von sehr trockenen Körnern mit einem Feuchtegehalt von 12% ist ohne direkte Befeuchtung bei entsprechend höheren Temperaturen möglich. Eine Nachtrocknung des Saatgutes ist nicht notwendig.

Durch die beschriebene Behandlung werden folgende Effekte erzielt:

1. Keine Austrocknung des Saatgutes, so daß die Letaltemperatur der Erreger nicht erhöht wird.
2. Geringere Temperaturgradienten im Inneren des Getreidekornes.
3. Geringere Produkt-Temperaturgradienten an verschiedenen Positionen des Behandlungsräums.

Die Abtötung des Krankheitserregers *Fusarium culmorum* bei gleichzeitigem Erhalt der Keimfähigkeit ist mit den untersuchten physikalischen Verfahren möglich. Mit der Mikrowellen-Dampf-Behandlung ist ein Verfahren entwickelt worden, das eine Sterilisation des Saatgutes ohne anschließende Nachtrocknung ermöglicht. Eine Behandlung ist im Bereich der schraffierten Flächen von Fig. 1 möglich, wobei eine Mindestzeit zur Schädigung des Erregers (durchgezogene Linie) und ei-

ne maximal mögliche Behandlungsdauer ohne Schädigung der Keimfähigkeit (strichpunktierte Linie) eingeschlossen ist. Der Temperaturbereich, in dem eine Behandlung erfolgen kann, ist bei der Heißluft- und der Mikrowellenbehandlung erheblich größer als bei der Heißwasserbehandlung. Hieraus ergibt sich eine größere Behandlungssicherheit (siehe Fig. 1).

Die erfindungsgemäß kombinierte Wasserdampf-Mikrowellenbehandlung hat den Vorteil, daß das für die Pilzabtötung notwendige Wasser aus der Behandlungsatmosphäre zur Verfügung steht, so daß infolge der Mikrowellen-Dampfbehandlung kaum eine Befeuchtung des Produkts eintritt.

Die Ergebnisse der Anwendung sind nachstehend in teils graphischer Darstellung wiedergegeben.

Es zeigen:

Bild 1 die Behandlungszeiten in Abhängigkeit von der Temperatur bei unterschiedlichen thermischen Verfahren zur Abtötung von *F. culmorum* in Weizensaatgut (Anfangsfeuchte 15%);

Bild 2 den Einfluß der Mikrowellenleistung auf den relativen Pilzbefall (b) und die Keimfähigkeit (c) in Abhängigkeit von der Behandlungsdauer und der Leistung bei der Mikrowellen-Dampf-Behandlung von *F. culmorum* infiziertem Weizensaatgut ( $M = 100 \text{ g}$ ;  $U_a = 15\%$ ;  $t = 180 \text{ s}$ );

Bild 3 die maximale Oberflächentemperatur (a), den relativen Pilzbefall (b) und die Keimfähigkeit (c) in Abhängigkeit von der Behandlungsdauer und der Leistung bei der Mikrowellen-Dampf-Behandlung von *F. culmorum* infiziertem Weizensaatgut ( $M = 100 \text{ g}$ ;  $U_a = 15\%$ ; offene Felder stellen keine Versuchsvariante dar);

Bild 4 den Einfluß der Erwärmung der Garraumwände auf die zum Erreichen verschiedener Zieltemperaturen notwendige Behandlungsdauer bei der Mikrowellen-Dampf-Behandlung von *F. culmorum* infiziertem Weizensaatgut ( $M = 100 \text{ g}$ ;  $U_a = 15\%$ );

Bild 5 den Einfluß der Mikrowellenleistung auf den relativen Pilzbefall und die Keimfähigkeit nach einer Mikrowellen-Dampf-Behandlung mit Wandheizung von *F. culmorum* infiziertem Weizensaatgut ( $T = 70^\circ\text{C}$ ;  $M = 100 \text{ g}$ ;  $U_a = 15\%$ ;  $t = 180 \text{ s}$ );

Bild 6 den Oberflächentemperaturverlauf über der Behandlungsdauer bei der Mikrowellen-Dampf-Behandlung mit Wandheizung von *F. culmorum* infiziertem Weizensaatgut mit unterschiedlicher Anfangsleistung ( $T = 70^\circ\text{C}$ ;  $M = 100 \text{ g}$ ;  $U_a = 15\%$ ;  $t = 180 \text{ s}$ );

Bild 7 den Einfluß der Behandlungsdauer auf den relativen Pilzbefall, die Keimfähigkeit und die Oberflächentemperatur von *F. culmorum* infiziertem Weizensaatgut nach Mikrowellen-Dampf-Behandlung mit Wandheizung bei einer maximalen Oberflächentemperatur von  $70^\circ\text{C}$  ( $P_a = 300 \text{ W}$ ;  $M = 100 \text{ g}$ ;  $U_a = 15\%$ );

Bild 8 den Einfluß der Behandlungsdauer auf den relativen Pilzbefall und die Keimfähigkeit von *F. culmorum* infiziertem Weizensaatgut nach Mikrowellen-Dampf-Behandlung mit Wandheizung bei einer maximalen Oberflächentemperatur von  $120^\circ\text{C}$  ( $P_a = 300 \text{ W}$ ;  $M = 100 \text{ g}$ ;  $U_a = 15\%$ );

Bild 9 den Einfluß der Behandlungsdauer und der Oberflächentemperatur auf den relativen Pilzbefall von *F. culmorum* infiziertem Weizensaatgut nach einer Mikrowellen-Dampf-Behandlung mit Wandheizung ( $U_a = 12\%$ ;  $M = 100 \text{ g}$ ;  $P_a = 300 \text{ W}$ );

Bild 10 den Einfluß der Behandlungsdauer und der Oberflächentemperatur auf die Keimfähigkeit von *F. culmorum* infiziertem Weizensaatgut nach einer Mikrowellen-Dampf-Behandlung mit Wandheizung ( $U_a = 12\%$ ;  $M = 100 \text{ g}$ ;  $P_a = 300 \text{ W}$ );

Bild 11 den Temperaturschwankungsbereich über

der Zeit bei verschiedenen Mikrowellenbehandlungsverfahren von *Fulmorum* infiziertem Weizensaatgut (300 W (A) und 600 W (B) Mikrowellenleistung ohne Dampfbehandlung und ohne Erwärmung der Garraumwände; 300 W Leistung mit Dampfbehandlung ohne Erwärmung der Garraumwände (C), und 300 W Mikrowellenleistung mit Dampfbehandlung und Wandheizung (D);  $M = 100$  g;  $U_a = 15\%$ );

Bild 12 den Einfluß der Oberflächentemperatur auf den relativen Pilzbefall und die Keimfähigkeit von *F. culmorum* infiziertem Weizensaatgut nach Mikrowellen-Dampf-Behandlung mit Wandheizung ( $M = 100$  g;  $U_a = 15\%$ ;  $P = \max 300$  W;  $t = 150$  bis  $600$  s);

Bild 13 den Einfluß der Oberflächentemperatur auf den relativen Pilzbefall und die Keimfähigkeit von *F. culmorum* infiziertem Weizensaatgut nach Mikrowellen-Dampf-Behandlung mit Wandheizung ( $M = 100$  g;  $U_a = 15\%$ ;  $P = \max 300$  W;  $t = 150$  bis  $600$  s; Sorte: Boheme);

Bild 14 den Einfluß der Behandlungsdauer auf den relativen Pilzbefall, die Keimfähigkeit und die Oberflächentemperatur von *F. culmorum* infiziertem Weizensaatgut nach einer Dampfbehandlung mit Wandheizung ( $M = 100$  g;  $U_a = 15\%$ );

Bild 15 die Feldstärkerverteilung in einer waagerechten Ebene im Applikationsraum bei der Mikrowellenbehandlung ohne Dampf (A) und der Mikrowellen-Dampfbehandlung (B) ( $P = 300$  W).

Eine zunehmende Mikrowellenleistung bewirkt eine steigende Oberflächentemperatur bei gleichzeitig sinkendem Pilzbefall und abnehmender Keimfähigkeit. Gegenüber der ausschließlichen Mikrowellenbehandlung ohne Dampfzufuhr wird mit geringeren Oberflächentemperaturen und einer kürzeren Behandlungszeit eine erheblich bessere Pilzbabtötung erzielt. Auffällig ist, daß der Befall nach einer Mikrowellenbehandlung mit 300 W geringer ist, als bei der nächsthöheren Leistungsstufe mit 450 W. Dieses scheint ein widersprüchliches Ergebnis zu sein, das auf Auswertungsfehlern beruht. Es wird jedoch in den folgenden Versuchen bestätigt, daß sich die letale Wirkung auf den Pilz bei einer Mikrowellenleistung von 300 W als optimal erweist. Bei der sehr kurzen Behandlungszeit von 180 s wird eine deutliche Reduzierung des Pilzbefalls bei gleichzeitiger Schädigung der Keimfähigkeit erreicht. Da in bisherigen Versuchen längere Behandlungszeiten bei geringeren Temperaturen bessere Ergebnisse erbrachten, wurde im folgenden die Behandlungsdauer bei verschiedenen Leistungsstufen variiert.

In den Versuchsdarstellungen gemäß Bild 3a bis 3c sind bei den unterschiedlichen Mikrowellenleistungen nur Behandlungszeiten gewählt worden, in denen eine zunehmende Abtötung des Pilzes erfolgt. Es sind daher nicht alle Zeiten bei den einzelnen Leistungsstufen durch Versuchsvarianten belegt.

Mit zunehmender Behandlungsdauer und mit steigenden Leistungsstufen werden höhere Oberflächentemperaturen erreicht (Abb. 3a), die zu geringen Keimfähigkeiten führen (Abb. 3c). Bei einer Mikrowellenleistung von 600 W wird die Keimfähigkeit trotz gleicher Oberflächentemperatur stärker geschädigt als bei geringeren Leistungen. Die Pilzbabtötung folgt bei einer Leistung von 450 und 600 W deutlich den Oberflächentemperaturen. Wieder ist bei allen Behandlungszeiten der Befall der Körper bei einer Leistung von 300 Watt geringer, obwohl geringere Temperaturen erreicht werden. Durch längere Behandlungszeiten von 240 und 300 s und eine Leistung von 300 W werden bei fast vollständi-

ger Abtötung des Pilzes Keimfähigkeiten von über 65% erreicht, die die Kontrolle mit einer Keimfähigkeit von 58% geringfügig überschreiten. Die kombinierte Mikrowellen-Dampf-Behandlung führt zu Ergebnissen, die denen der Heißwasserbeizung und der Heißlufterwärmung mit Dampfspalte sehr nahe kommen, jedoch in erheblich kürzeren Behandlungszeiten erreicht werden.

Bei zusätzlicher Erwärmung der die Behandlungsumphäre umgebenden Wände bzw. eine Reduzierung der Wärmeabstrahlungsverluste des Behandlungsguts ergeben sich deutlich ein zusätzlich vorteilhafter Einfluß auf die Abtötung des Pilzes und eine Verkürzung der notwendigen Behandlungsdauer (Bild 4).

Folgende Versuchsparameter wirken sich je nach Art des Gutes je nach Produkt und Handhabung aus:

- Mikrowellenleistung,
- Sendebetriebsart
- Behandlungsdauer,
- Temperatur,
- Probenmasse,
- Feuchtegehalt und
- Sorte.

Die bisherigen Versuche zeigten, daß nur mit einer Mikrowellenleistung von maximal 300 W eine vollständige Abtötung des Schaderrregers ohne Schädigung des Keimlings erreicht werden kann (Bild 5). Der Einfluß der Behandlungsdauer wurde daher nur bei dieser Mikrowellenleistung ermittelt. Zwei verschiedene Versuchsvarianten wurden durchgeführt:

- Behandlung mit einer konstanten Mikrowellenleistung von 300 W während der gesamten Behandlungsdauer, wodurch bei steigenden Applikationszeiten zunehmende Oberflächentemperaturen erzielt werden (Bild 7);
- Behandlung mit einer Mikrowellenleistung von 300 W bis zum Erreichen der Zieltemperatur von 70°C; anschließendes Einhalten der Temperatur durch manuelle Regelung der Leistung (Bild 8).

Eine zunehmende Behandlungsdauer führt ohne Leistungsregelung zu ansteigenden Oberflächentemperaturen (Bild 7). Eine Abtötung des Pilzes setzt bereits bei geringen Behandlungszeiten von 60 s ein und führt bei einer Zeit von 150 s zur vollständigen Vernichtung des Krankheitserregers. Eine Schädigung der Keimfähigkeit erfolgt erst bei längeren Behandlungszeiten. Dies bedeutet, daß im Bereich von 150 bis 180 s eine vollständige Abtötung des Pilzes erfolgt, ohne daß der Keimling thermisch geschädigt wird. Die reduzierten Keimfähigkeiten bei Zeiten von 240 und 300 s sind nicht auf eine zu lange Behandlungsdauer, sondern auf eine zu hohe Temperatur zurückzuführen. Dies wird in Abb. 8 deutlich, die den Einfluß der Behandlungsdauer bei einer begrenzten Oberflächentemperatur darstellt. Bei Behandlungszeiten von 60 und 90 s wird die Zieltemperatur nicht erreicht. Diese Zeiten entsprechen denen der Abb. 7, da keine Regelung der Leistung stattgefunden hat. Eine vollständige Abtötung des Krankheitserregers wird bei einer Behandlungsdauer von mindestens 180 s erzielt. Die Keimfähigkeit wird bis zu einer Behandlungsdauer von 300 s nicht beeinflußt, bei längeren Behandlungszeiten geringfügig geschädigt. Bei einer Behandlungsdauer von 10 min wird mit der Temperaturbegrenzung auf 70°C noch eine Keimfähigkeit von 84% erzielt, obwohl bereits nach 3 min eine vollständige Ab-

tötung des Pilzes erreicht war.

Die Ergebnisse zeigen, daß eine Abtötung des Pilzes bei Erhalt der Keimfähigkeit ohne Regelung der Temperatur zwar möglich ist, es jedoch durch leicht ansteigende Temperaturen nach längerer Behandlungszeit zu einer thermischen Schädigung der Keimfähigkeit kommen kann. Der Einsatz noch höherer Temperaturen führt schon bei sehr kurzen Behandlungszeiten zur Schädigung der Keimfähigkeit. Wie auch bei der Heißwasserbelzung und der Heißluftwärmung im Trockenschrank ist bei der Mikrowellenapplikation eine längere Behandlungsdauer auf niedrigerem Temperaturniveau vorzuziehen, da hierdurch die Differenz zwischen notwendiger Zeit zur Abtötung des Pilzes und maximaler Behandlungsdauer ohne Schädigung der Keimfähigkeit am größten ist. Die Versuche zeigen, daß Weizensaatgut mit einem Feuchtegehalt von 15% bei einer Mikrowellenleistung von 300 W, Behandlungszeiten von über 180 s und einer Oberflächentemperatur von 70°C sicher vom Krankheitserreger *F. culmorum* befreit wird. Dabei bleibt die Keimfähigkeit am niedrigen Niveau von über 85%, wie es für Weizensaatgut gefordert wird.

Die bisherigen Versuche zur Mikrowellenbehandlung von infiziertem Weizensaatgut sind mit Probenmaterial durchgeführt worden, das auf eine übliche Erntefeuchte von 15% konditioniert wurde. Um einen Einfluß der Wiederbefeuchtung, die zu anderen Wasserbindungsverhältnissen im Korn führen kann, auszuschließen, sind Versuche mit einem natürlichen Feuchtegehalt von 12% durchgeführt worden. Dieser sehr niedrige Wassergehalt ist in der Praxis selten aufzufinden, würde jedoch das Verfahren zusätzlich absichern, da eine thermische Pilzabtötung bei sehr niedrigen Feuchtegehalten besonders schwierig ist. In den Abb. 9 und 10 ist der Abtötungserfolg nach der Mikrowellen-Dampf-Behandlung von Weizensaatgut mit einem Wassergehalt von 12% dargestellt. Die Versuche wurden mit Behandlungszeiten von 180 bis 600 s durchgeführt, indem nach Regelung der Mikrowellenleistung verschiedenem Oberflächenperaturen eingestellt wurden.

Bei einem Feuchtegehalt von 12% ist im Gegensatz zu den bisherigen Versuchen bei 70°C Oberflächentemperatur keine vollständige Abtötung des Pilzes möglich (Abb. 9). Eine zunehmende Behandlungsdauer führt zu geringfügig besseren Abtötungsergebnissen, sofern die Zieltemperatur erreicht wird. Höhere Oberflächentemperaturen von 75 und 80°C führen unabhängig von der Behandlungsdauer zu einer vollständigen Abtötung des Pilzes. Durch den geringeren Wassergehalt im Korn hat sich die Letaltemperatur des Pilzes um etwa 5 K erhöht. Die Temperatur und die Behandlungsdauer zeigen in den untersuchten Bereichen einen nur sehr geringen Einfluß auf die Keimfähigkeit (Abb. 10). Mit zunehmender Temperatur wird die Keimfähigkeit nur geringfügig geschädigt. Es werden in allen Behandlungsvarianten, außer bei einer Behandlungsdauer von 300 und 600 s bei 80°C, Keimfähigkeiten von über 80% erreicht. Auch bei extrem trockenem Getreide ist folglich mit der Mikrowellen-Dampf-Behandlung und zusätzlicher Erwärmung der Garraumwände eine vollständige Abtötung des Pilzes *F. culmorum* bei Erhalt der Keimfähigkeit mit sehr kurzen Behandlungszeiten von 3 min möglich.

Die Temperatur ist der wichtigste Parameter für die thermische Schädigung des Pilzes und des Keimlings. Die Letaltemperaturen sind sehr stark abhängig vom Feuchtigkeitsgehalt des Produktes. Die Abtötung von biologischen Materialien unterliegt dabei einer Tempe-

ratur-Zeit-Funktion.

Bei der Behandlung von biologischen Produkten im Mikrowellenfeld ist besonders wichtig, daß eine gleichmäßige Erwärmung stattfindet. Es kommt durch eine ungleichmäßige Feuchteverteilung im Produkt und eine ungleichmäßige Massenverteilung auf dem Probenteiler zu Temperaturschwankungen. Die Wirkung einer inhomogenen Feuchteverteilung bei den eigenen Versuchen kann vernachlässigt werden, da das Material kontrolliert befeuchtet und anschließend durchmischt worden ist. Eine absolut gleichmäßige Verteilung des Saatgutes auf dem Probenteiler kann jedoch nicht garantiert werden. Mit Hilfe eines x-t-Schreibers, der das Messignal des Infrarot-Oberflächentemperaturföhlers aufzeichnet, lassen sich die Temperaturschwankungen auf dem Probenteiler erfassen. In Abb. 11 ist für verschiedene Mikrowellenbehandlungsvarianten der Temperaturverlauf und deren Schwankungsbereich während der Behandlungszeit dargestellt.

Es ist deutlich zu sehen, daß ohne eine gleichzeitige Dampfbehandlung mit zunehmender Behandlungsdauer erhebliche Temperaturschwankungen entstehen. Diese betragen bei 300 W Leistung gegen Ende des Versuchs 5 K (A) und bei einer Mikrowellenleistung von 600 W bereits 8 K (B). Eine ansteigende Mikrowellenleistung hat daher zunehmende Inhomogenitäten in der Temperaturverteilung im Behandlungsgut zur Folge. Bei der kombinierten Mikrowellen-Dampf-Behandlung ergibt sich sowohl für den Temperaturverlauf als auch für den Schwankungsbereich ein deutlich verändertes Verhalten. Die zusätzliche Dampfbehandlung bei einer Leistung von 300 W (C) führt zu einem schnelleren Temperaturanstieg und zu einer um 25 K höheren Temperatur bei Versuchsende. Obwohl dieses deutlich höhere Temperaturniveau erreicht wird, treten erheblich geringe Temperaturschwankungen auf, die maximal 2 K erreichen. Die zusätzliche Beheizung der Garraumwände (D) führt zu einem noch stärkeren Temperaturanstieg und weiter erhöhten Endtemperaturen. Die Beheizung der Wände hat nur einen sehr geringen positiven Einfluß auf die Temperaturschwankungen, die während der gesamten Versuchsdauer zwischen 1 und 2 K betragen. Die Dampfbehandlung hat also nicht nur einen erheblichen positiven Effekt auf die Abtötung des Pilzes (bei gleichen Oberflächentemperaturen ist ohne Dampf keine Pilzabtötung möglich), sondern verbessert auch die Mikrowellenapplikation, indem eine gleichmäßige Temperaturverteilung auf und in dem Produkt entsteht.

Der Einfluß der Temperatur auf die Abtötung des Pilzes und die Schädigung des Keimlings ist zum Teil bei der Untersuchung der anderen Versuchsparameter bearbeitet worden. Es wurde erwartungsgemäß festgestellt, daß bei steigenden Temperaturen eine zunehmende Abtötung von Pilz und Keimling auftritt. In Abb. 12 ist für alle Versuche, die mit der Sorte Kanzler, einer Masse von 100 g, einem Feuchtegehalt von 15%, einer Leistung von nicht mehr als 300 W, einer Behandlungszeit von mindestens 150 s, gleichzeitiger Dampfbehandlung und Beheizung der Garraumwände durchgeführt worden sind, der Pilzbefall und die Keimfähigkeit dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, daß unter Einhaltung der beschriebenen Parameter bei Temperaturen oberhalb 70°C eine vollständige Abtötung des Pilzes erfolgt und bei Temperaturen bis 75°C keine Schädigung der Keimfähigkeit eintritt. Die Mikrowellen-Dampf-Behandlung muß also unter diesen Bedingungen im Temperaturbereich zwischen 70 und 75°C stattfinden. Betrachtet man in diesem Zusammenhang nochmals die

Temperaturschwankungen, so wird deutlich, daß ohne eine Dampfbehandlung keine vollständige Abtötung des Pilzes bei gleichzeitigem Erhalt der Keimfähigkeit stattfinden kann, weil die Inhomogenitäten der Temperaturverteilung das präzise Einstellen dieses Bereiches ohne Dampfapplikation nicht erlauben. Um diese Temperaturen zu erreichen, müßte beispielsweise mit einer Mikrowellenleistung von über 600 W behandelt werden, bei der Temperaturschwankungen von mehr als 8 K auftreten. Dieser Temperaturschwankungsbereich ist aber schon größer als der Bereich in dem eine Behandlung "zulässig" ist (70 bis 75°C).

Neben der Sorte Kanzler, die durch die künstliche Infektion mit Fusarium culmorum besonders stark mit dem Krankheitserreger befallen war, wurden einige Untersuchungen an der Sorte Boheme durchgeführt. Diese zeichnet sich durch einen schwächeren Befall aus, ist jedoch in der Kontrolle auch vollständig mit dem Pilz befallen. Wie schon in Abb. 13 sind für diese Sorte die Versuchsergebnisse, die unter den gleichen Bedingungen ermittelt worden sind, zusammenfassend dargestellt.

Mit der Sorte Boheme wurden nur Versuche unternommen, die eine Oberflächentemperatur von über 70°C erreichen. Bei allen Versuchen wird eine vollständige Abtötung des Pilzes erreicht. Es kann daher keine Aussage darüber getroffen werden, ob bei einer Temperatur unter 70°C wie bei der Sorte Kanzler keine vollständige Abtötung des Erregers erreicht wird. Der Verlauf der Keimfähigkeit zeigt eine sehr gute Übereinstimmung mit dem der Sorte Kanzler. Bei einer Temperatur von unter 75°C werden Keimfähigkeiten von über 85% erreicht. Über 75°C erfolgt ebenfalls in einem Bereich von 2 bis 3 K eine sehr starke Abnahme der Keimfähigkeit. Bei beiden Sorten ist daher in dem Temperaturbereich 70 bis 75°C eine vollständige Abtötung des Pilzes bei Keimfähigkeiten von mehr als 80% möglich.

In den Untersuchungen zur Mikrowellenbehandlung von Weizen Saatgut wurde festgestellt, daß eine gleichzeitige Zufuhr von Dampf in den Behandlungsräum 40 zwingend notwendig ist, um die Keimfähigkeit bei einer vollständigen Abtötung des Pilzes zu erhalten. Um dieses Ergebnis zu erzielen, müssen bei der Mikrowellen-Dampf-Behandlung bestimmte Parameter eingehalten werden. In den folgenden Versuchen soll festgestellt 45 werden, welchen Einfluß die ausschließliche Dampfbehandlung auf die Abtötung des Pilzes hat. Die Versuche wurden unter den gleichen Bedingungen im Garraum ohne Mikrowellenapplikation durchgeführt. Es wurde eine Probenmasse von 100 g bei gleichzeitiger Erwärmung 50 der Garraumwände für Zeiten von 180 bis 600 s mit Wasserdampf behandelt.

Die maximal erreichte Oberflächentemperatur entspricht der gemessenen Temperatur des Wasserdampfes. Bereits nach 180 s wird diese Temperatur erreicht 55 und beträgt bei allen Versuchsvarianten zwischen 67,5 und 68,5°C. Durch die ausschließliche Wasserdampfbehandlung erfolgt schon bei geringen Behandlungszeiten eine deutliche Abtötung des Pilzes. Eine zunehmende Behandlungsdauer führt erwartungsgemäß zu einer ansteigenden Abtötung des Krankheitserregers. Eine vollständige Abtötung des Pilzes wird jedoch nicht erreicht. Die Keimfähigkeit zeigt eine sehr geringe Abhängigkeit von der Behandlungsdauer und wird erst bei einer Zeit von 600 s geringfügig geschädigt (Bild 14).

Die Ergebnisse machen deutlich, daß allein die Dampfbehandlung zu einer beträchtlichen Abtötung des Pilzes führt. Eine vollständige Abtötung ist jedoch

bei dieser Versuchsanstellung nicht möglich, da nur Temperaturen von unter 70°C erreicht werden.

Die ausschließliche Wasserdampfbehandlung führt jedoch zu einer Befeuchtung des Materials, die eine anschließende Nachtrocknung nötig macht. Die Anwendung bei Materialien, die durch Feuchtigkeit zum Verkleben neigen, ist daher nicht möglich.

Zusammenfassend ist die Temperatur als wichtiger Einflußfaktor herauszustellen, der die Abtötung des Pilzes und des Keimlings bestimmt. Die Letaltemperatur von Erreger und Embryo werden vom Feuchtegehalt des Behandlungsguts stark beeinflußt.

Für die erfindungsgemäße Verfahrenskombination (Mikrowelle mit Dampf) beträgt (bei F.culmorum und Weizen Saatgut mit einem Feuchtegehalt von 15%) die Mindesttemperatur (bei max. 300 W Leistung) zur Schädigung des Erregers 65 bis 70°C und des Keimlings 75 bis 80°C (siehe Bild 12).

Diese Temperaturbereiche liegen also extrem eng beieinander, was der Erfindung besonders hohe Bedeutung verleiht.

Durch den Einsatz der kombinierten Mikrowellen-Dampfbehandlung wird eine vollständige Abtötung der Erreger bereits beim Aufwärmen bis zur Zieltemperatur erreicht, die allerdings niedrig zu halten ist, so daß eine zusätzliche Behandlungszeit darüber hinaus vermiedbar ist und der Keimling geschont wird.

Durch die schonende Behandlung von biologischem Material durch das erfindungsgemäße Verfahren 30 faßt seine Anwendung auch die Entkeimung von hochwertigen Produkten, wie Lebensmitteln, Gewürzen, Arzneipflanzen und dergleichen, weil – im Gegensatz zu bisherigen reinen Mikrowellenbestrahlung – die ungleichmäßige Temperaturverteilung – durch die zusätzliche Dampfbehandlung aufgrund der Vergleichsmäßigung des Mikrowellenfeldes (Bild 15) deutlich vermindert wird.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Extraktion von Inhaltsstoffen aus biologischen Materialien sowie zur Behandlung von Saat- und Vermehrungsgut zur Abtötung von dem Gut schädlichen Keimen mit elektromagnetischer Schwingungsenergie im Frequenzbereich von Mikrowellen in Kombination mit der gleichzeitigen Anwesenheit von Wasserdampf oder Wasserdampfbel in Behandlungsbereich, und zwar unter Vergleichsmäßigung des Energiefeldes der elektromagnetischen bzw. Mikrowellenschwingungen, wobei die Kühlgrenztemperatur des Gutes in der bestehenden Atmosphäre nicht wesentlich unterschritten und vorzugsweise nicht oberhalb den Zustand einer ersten im Ansatz beginnenden Entstehung von Kondensationseffekten eingependelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichsmäßigung durch Kondensationseinwirkung auf ungleichmäßige und eine optimal enge Verteilungsstreuung überschreitenden Feuchtigkeitsbereich gesteuert wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlgrenztemperatur des Gutes in der bestehenden Atmosphäre nicht wesentlich unterschritten und vorzugsweise nicht oberhalb dem Zustand einer ersten im Ansatz beginnenden Entstehung von Kondensationseffekten eingependelt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zugegebene wäßrige Systeme mit Additiven, insbesondere zur Verbesserung der Vergleichmäßigung des Energiefelds ergänzt werden. 5

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß die Wasserdampf- oder Nebelzugabe bei intermittierender Einwirkung der Mikrowellen erfolgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1—5, dadurch gekennzeichnet, daß die Wassernebelbildung durch Ultraschallzerstäubung von Wasser erfolgt. 10

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichmäßigung des Behandlungsbereichs mittels Laserstrahleneinwirkung ergänzt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das durch Ultraschall zu zerstäubende Wasser durch homöopathische Prägung oder natürliche Wirkstoffe modifiziert ist (oder wirksame Spuren von Wirkstoffen aufweist). 20

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der synergetische Einfluß von Mikrowellen und Niedrigtemperatur Wasserdampf durch Anwendung von Druck auf die Wasserdampf-Atmosphäre modifiziert ist. 25

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck pulsierend ausgeübt wird. 30

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrowellen-Behandlung erst nach der sichtbaren Einhüllung des Gutes mit Wasserdampf bzw. Wasserdampfnebel begonnen wird. 35

12. Verwendung des Verfahrens insbesondere nach Patentanspruch 1 sowie einem der Patentansprüche 2—11 zur kontrollierten Induktion von Stress auf das Saat- und Vermehrungsgut unter begrenzter und gezielter Verminderung von dessen Keimfähigkeit und/oder Triebkraft sowie Vitalität. 40

Hierzu 15 Seite(n) Zeichnungen

**- Leerseite -**

Bild 1

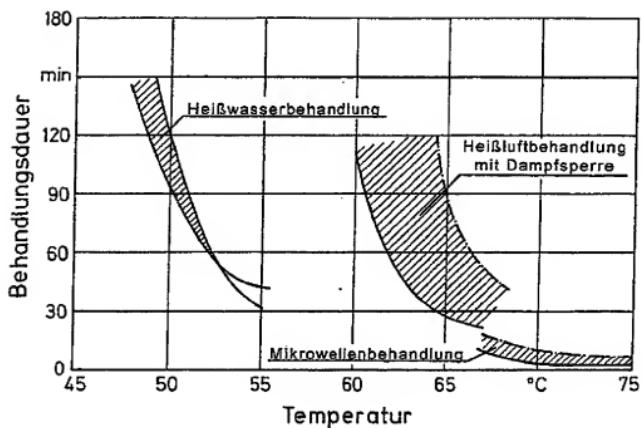


Bild 2

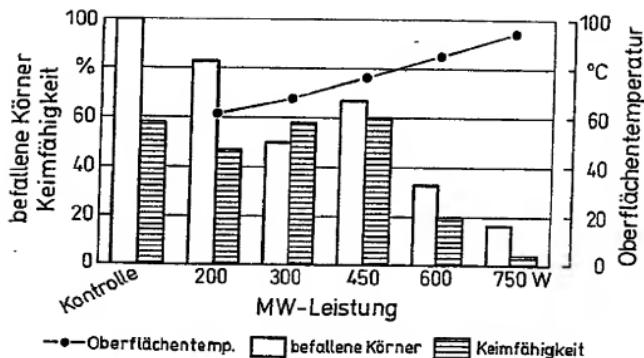


Bild 3

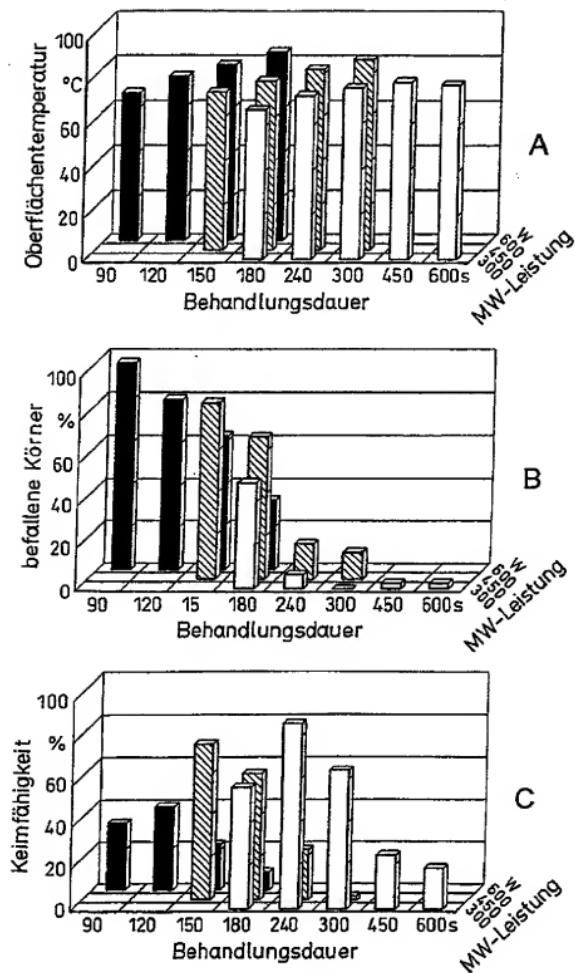


Bild 4

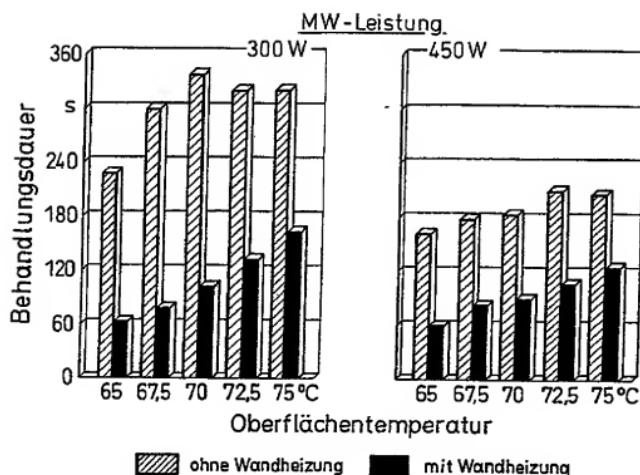


Bild 5

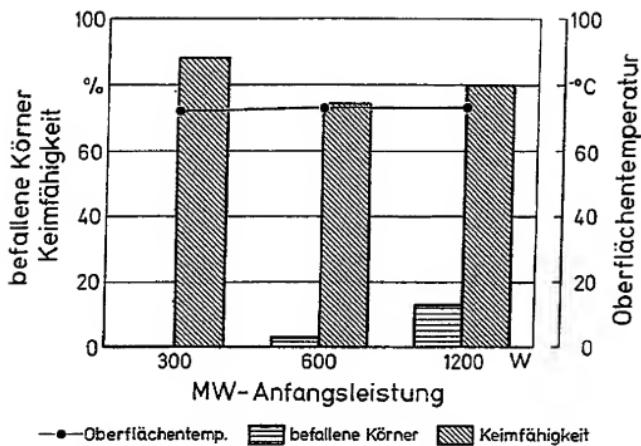


Bild 6

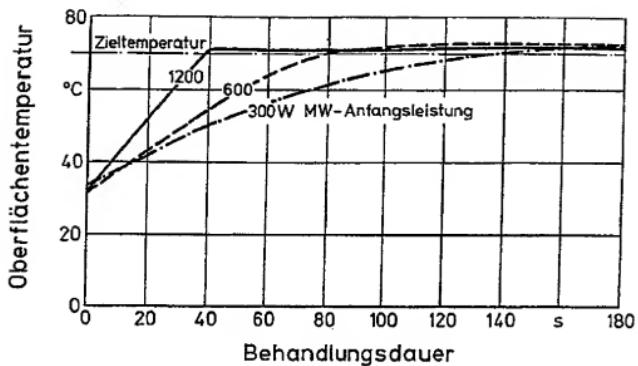


Bild 7

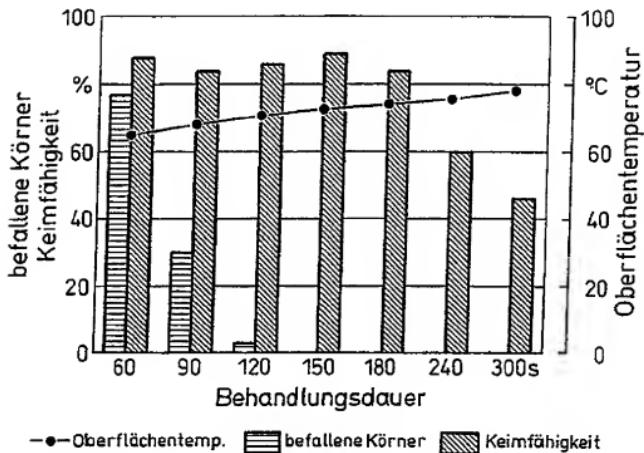


Bild 8

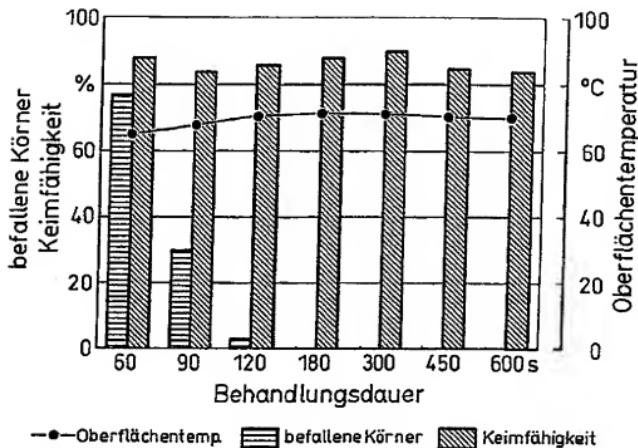


Bild 9

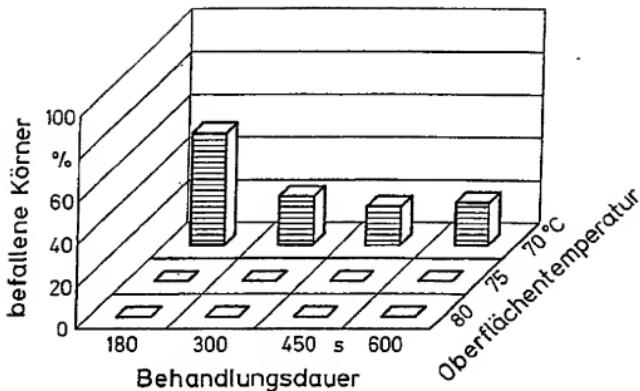


Bild 10

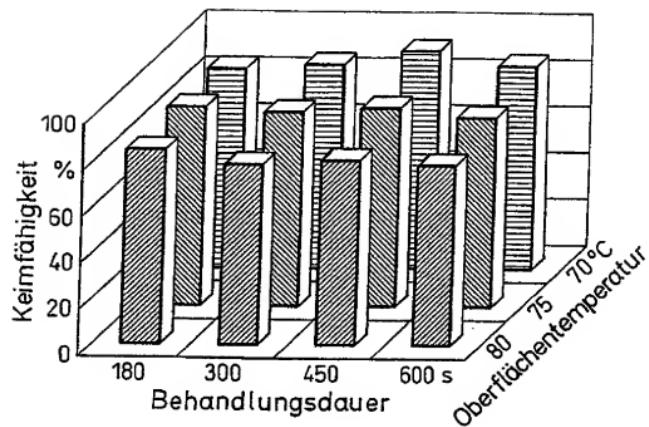


Bild 11

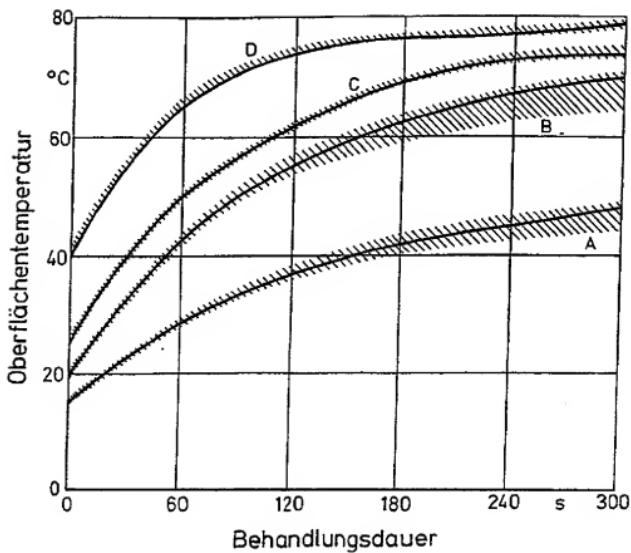


Bild 12

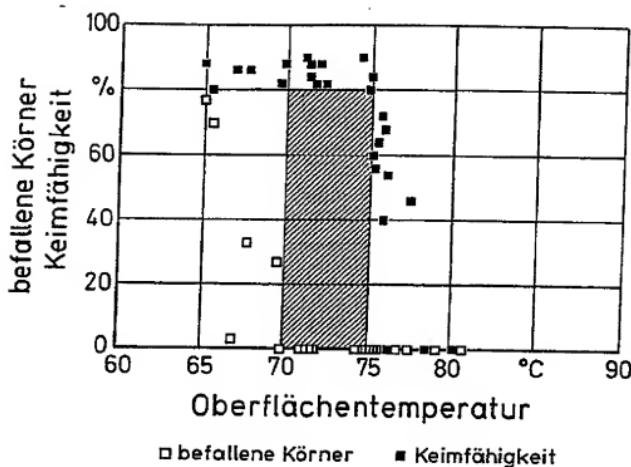


Bild 13

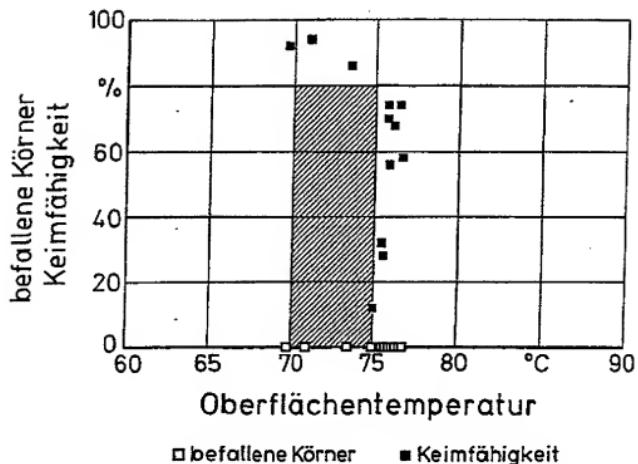


Bild 14

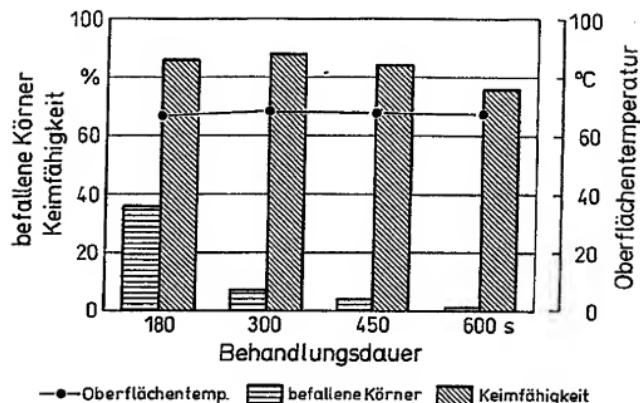
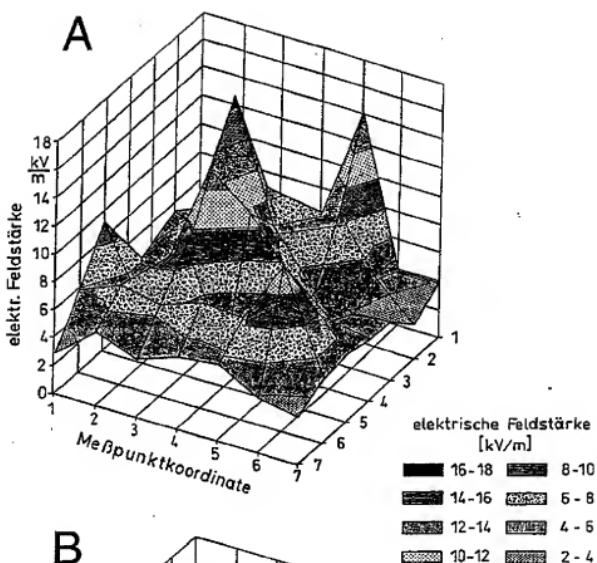


Bild 15

A



B

